



⑪ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 101 35 190 A 1**

⑨ Int. Cl. 7:
H 01 L 33/00

⑲ Aktenzeichen: 101 35 190.9
⑳ Anmeldetag: 19. 7. 2001
㉑ Offenlegungstag: 6. 2. 2003

DE 101 35 190 A 1

⑲ Anmelder:
OSRAM Opto Semiconductors GmbH, 93049
Regensburg, DE

㉒ Vertreter:
Epping, Hermann & Fischer GbR, 80339 München

㉓ Erfinder:
Baur, Johannes, Dr., 93180 Deuring, DE

㉔ Entgegenhaltungen:
DE 24 22 298 A
US 57 79 924 A
EP 04 00 176 A1

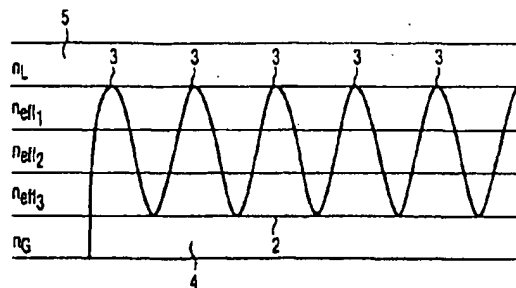
A. Gombart et al.: Glazing with very high solar transmittance. In: Solar Energy, ISSN 0038-092X, Vol.62, No.3, 1998, S.177-188;
JP 200174347 A (abstract), Patent Abstracts of Japan, JPO, 2000;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉕ Lumineszenzdiode und Verfahren zu deren Herstellung

㉖ Es wird vorgeschlagen, in einer Lumineszenzdiode am Übergang zwischen einer Vergußmasse (4) und einem Umgebungsmedium (5) eine Strukturierung mit einem Querschnittsprofil (1) vorzusehen, dessen Vorsprünge (3) eine Strukturbreite zwischen 200 und 300 nm aufweisen, um die Auskopplung des von einem Halbleiterchip emittierten Lichts aus der Vergußmasse (4) zu verbessern.



DE 101 35 190 A 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Lumineszenzdiode mit einem lichtemittierenden Halbleiterchip, der in eine für das emittierte Licht transparente Vergußmasse eingebettet ist.

[0002] Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Herstellung einer Lumineszenzdiode, bei dem ein Halbleiterchip auf einem Träger aufgebracht und mit einem für das emittierte Licht transparenten Kunststoff vergossen wird.

[0003] Oberflächenstrukturierungen zur Transmissionserhöhung an Chip-Oberflächen sind aus der US 5,779,924 A bekannt. Die bekannte Lumineszenzdiode weist einen Halbleiterchip auf, der auf einer Austrittsfläche für das im Halbleiterchip erzeugte Licht eine Strukturierung aufweist, die aus nebeneinander angeordneten Erhöhungen besteht. Dadurch wird die Lichtauskopplung aus dem Halbleiterchip selbst erleichtert, so daß das Licht vermehrt aus dem Halbleiterchip in das Epoxidharz der Umgebung gelangen kann.

[0004] Ein Nachteil der bekannten Lumineszenzdiode ist, daß für die Herstellung der Oberflächenstrukturierung des Halbleiterchips aufwendige Ätzverfahren verwendet werden müssen.

[0005] Ferner ist aus dem Aufsatz "Vom Mottenaugen abgesehen - ultrafeine Strukturen für die Entspiegelung", Dieter Sporn et al. bekannt, nach dem Vorbild der Oberflächenstruktur von Mottenaugen spiegelnde Flächen dadurch zu entspiegeln, daß auf der Oberfläche ein periodisches Muster von Noppen ausgebildet wird. Es wird vorgeschlagen, dieses Muster in die Verguß/Luft-Grenzfläche einzuprägen. Als Material zum Prägen eignen sich insbesondere anorganisch-organische Hybridpolymere, die plastisch verformbar sind, so daß man ihnen mit Hilfe von Stempeln das gewünschte periodische Muster aufprägen kann. Diese anorganisch-organischen Hybridpolymere sind auch unter dem Handelsnamen "Ormoceran" bekannt.

[0006] Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Lumineszenzdiode zu schaffen, die auf einfache Weise herstellbar ist.

[0007] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Vergußmasse auf einer Austrittsfläche für das emittierte Licht eine Strukturierung mit einem Querschnittsprofil aufweist, das von nebeneinanderliegenden, sich nach außen verjüngenden Vorsprüngen gebildet ist, deren Halbwertsbreite kleiner als die Wellenlänge des emittierten Lichts ist.

[0008] Der Erfindung liegt ferner die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung einer Lumineszenzdiode anzugeben.

[0009] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß auf einer Austrittsfläche für das emittierte Licht mit Hilfe eines Prägestempels in den Kunststoff eine Strukturierung eingepreßt wird, deren Querschnittsprofil nebeneinanderliegende, sich nach außen verjüngende Vorsprünge aufweist, deren Halbwertsbreite kleiner als die Wellenlänge des emittierten Lichts ist.

[0010] Bei der Lumineszenzdiode gemäß der Erfindung wird die verbesserte Auskopplung von der Grenzfläche zwischen dem Halbleiterchip und der umgebenden Vergußmasse an die Grenzfläche zwischen der Vergußmasse und der umgebenden Luft verlegt. Da die Vergußmasse durch einfaches Prägen strukturiert werden kann, ist es nicht länger nötig, die Grenzfläche zwischen dem Halbleiterchip und der Vergußmasse zu strukturieren, um eine vergleichbare Auskoppel-effizienz zu erlangen. Die Lumineszenzdiode gemäß der Erfindung kann daher auf einfache Weise hergestellt werden.

[0011] Die Oberflächenstrukturierung des Vergußmaterials kann unabhängig von der Strukturierung der Chipober-

fläche eingesetzt werden; kann also alternativ zur Vereinfachung des Herstellungsverfahrens oder zusätzlich zur Transmissionserhöhung durchgeführt werden.

[0012] Bei einer Ausführungsform des Verfahrens gemäß der Erfindung wird zunächst der Halbleiterchip in ein Grundgehäuse eingebracht und dort in die Vergußmasse eingegossen. Anschließend wird dann die Austrittsfläche der Vergußmasse vor dem vollständigen Aushärten durch Prägen strukturiert und anschließend vollständig ausgehärtet.

[0013] Dieses Verfahren führt zu einer präzisen und dauerhaften Strukturierung der Oberfläche, ohne daß zusätzliche Materialien oder besondere Prozessschritte zum Ausbilden der Strukturierung verwendet werden müssen.

[0014] Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird nach dem Aushärten der Vergußmasse auf einer Oberfläche der Vergußmasse eine Oberflächenschicht aufgebracht, in die die Oberflächenstrukturierung eingepreßt wird. Als Material für die Oberflächenschicht eignen sich insbesondere anorganisch-organische Hybridpolymere, die eine hohe Haftfestigkeit und Formbeständigkeit aufweisen.

[0015] Bei dieser Ausführungsform des Verfahrens ist es zwar erforderlich, eine zusätzliche Oberflächenschicht auf die Vergußmasse aufzubringen, aber dafür zeichnet sich die Strukturierung durch eine große Haltbarkeit aus.

[0016] Weitere zweckmäßige Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0017] Nachfolgend wird die Erfindung im einzelnen anhand der beigelegten Zeichnung erläutert. Es zeigen:

[0018] Fig. 1 ein Querschnittsprofil der Strukturierung einer Austrittsfläche einer Lumineszenzdiode;

[0019] Fig. 2 bis 5 aufeinanderfolgende Verfahrensschritte bei der Herstellung einer Lumineszenzdiode;

[0020] Fig. 6 bis 9 jeweils Verfahrensschritte eines abgewandelten Herstellungsverfahrens; und

[0021] Fig. 10 ein Diagramm, das die zu erwartende Erhöhung der Transmission an der Grenzfläche zwischen Vergußmasse und Luft in Abhängigkeit vom Brechungsindex der Vergußmasse zeigt.

[0022] In Fig. 1 ist ein Querschnittsprofil einer Strukturierung entlang einer Austrittsfläche 2 dargestellt. Das Querschnittsprofil 1 weist nebeneinander angeordnete Vorsprünge 3 auf, die sich von der Austrittsfläche 2 weg verjüngen. Im vorliegenden Fall handelt es sich bei den Vorsprüngen 3 um freistehende Noppen in der Gestalt von in der Spitze abgerundeten Kegeln.

[0023] Die Strukturbreite der Vorsprünge 3, z. B. die Halbwertsbreite der Vorsprünge 3, sollte kleiner als die Wellenlänge des durch die Austrittsfläche 2 austretenden Lichts sein. Denn in diesem Fall bewirken die Vorsprünge 3 einen graduellen Übergang vom Brechungsindex n_G einer Vergußmasse 4 zum Brechungsindex n_L eines Umgebungsmediums 5, bei dem es sich im allgemeinen um Luft handelt. Die graduelle Änderung des Brechungsindex ist in Fig. 1 durch die Brechungsindizes n_{G1} bis n_{G3} angedeutet, wobei gilt $n_G > n_{G1} > n_{G2} > n_{G3} > n_L$.

[0024] Das Querschnittsprofil 1 kann auf verschiedene Art und Weise hergestellt werden.

[0025] In den Fig. 2 bis 5 sind Verfahrensschritte zur Herstellung einer Leuchtdiode 6 dargestellt. In einem ersten Verfahrensschritt wird ein Halbleiterchip 7 in ein Grundgehäuse 8 eingebracht und dort mit Hilfe von Bonddrähten 9 an nicht dargestellte Leiterbahnen angeschlossen. Falls an diese Leiterbahnen Spannung angelegt wird, emittiert der Halbleiterchip 7 Licht.

[0026] In einem weiteren Verfahrensschritt wird gemäß Fig. 3 das Grundgehäuse 8 mit einer Vergußmasse 10 vergossen. Üblicherweise ist die Vergußmasse 10 für die vom Halbleiterchip 7 emittierten Photonen transparent. Für die

Vergußmasse 10 eignen sich insbesondere Epoxidharze.

[0027] Noch vor dem vollständigen Aushärten der Vergußmasse 10 wird mit Hilfe eines Prägestempels 11 die Austrittsfläche 2 der Leuchtdiode 6 mit dem Querschnittsprofil 1 strukturiert, so daß sich die in Fig. 5 im Querschnitt dargestellte Leuchtdiode 6 ergibt. Nach der Strukturierung der Austrittsfläche 2 wird die Vergußmasse 10 vollständig ausgehärtet.

[0028] In den Fig. 6 bis 9 ist eine abgewandelte Ausführungsform des Herstellungsverfahrens dargestellt. Dabei bezeichnen gleiche Bezugszeichen einander entsprechende Teile.

[0029] Bei dem Verfahren gemäß den Fig. 6 bis 9 wird ebenfalls zunächst in das Grundgehäuse 8 der Halbleiterchip 7 eingebracht und dort mit Hilfe der Bonddrähte 9 an nicht dargestellte Leitungen angeschlossen. Anschließend erfolgt gemäß Fig. 7 der Verguß des Grundgehäuses 8 mit der Vergußmasse 10, die anschließend ausgehärtet wird. Im weiteren Verlauf wird auf die Vergußmasse 10 eine Oberflächenschicht 12 aufgebracht, in die eine Strukturierung mit dem Querschnittsprofil 1 mit Hilfe des Prägestempels 11 eingepreßt wird. Falls nötig, erfolgt daraufhin ein Nachhärten der Oberflächenschicht 12 und eventuell der Vergußmasse 10.

[0030] Auch bei dieser Ausführungsform kann für die Vergußmasse 10 ein Epoxidharz verwendet werden. Für die Oberflächenschicht 12 kommen Materialien, wie beispielsweise Polymethylacrylat oder anorganisch-organische Hybridpolymere, in Frage, die auch unter der Bezeichnung Ormoceren bekannt sind.

[0031] Es sei angemerkt, daß die anhand der Fig. 2 bis 9 beschriebenen Verfahren nicht nur dann anwendbar sind, wenn das Grundgehäuse 8 vorhanden ist. Vielmehr ist es auch möglich, eine Austrittsfläche 2 gemäß dem Querschnittsprofil 1 zu strukturieren, wenn für das Vergießen des auf einen Träger aufgetragenen Halbleiterchips 7 eine Gießform verwendet wird. In diesem Fall müssen die formenden Oberflächen dieser Form gemäß dem Querschnittsprofil 1 strukturiert werden.

[0032] Zur Herstellung des Prägestempels 11 wird zunächst ein Muster der Strukturierung der Austrittsfläche 2 gemäß dem Querschnittsprofil mit Hilfe eines holographischen Verfahrens hergestellt. Derartige Verfahren sind dem Fachmann bekannt und nicht Gegenstand der Erfindung. Anschließend wird das Muster auf galvanischem Wege mit Nickel beschichtet und dadurch ein Nickelmaster hergestellt. Der Nickelmaster kann dann entweder auf den Prägestempel 11 aufgezogen oder an der Innenwand einer Gießform angebracht werden, wenn zum Eingießen des Halbleiterchips 7 eine Gießform verwendet wird.

[0033] Es ist auch möglich, zunächst den Halbleiterchip 7 mit Hilfe einer glatten Gießform mit der Vergußmasse 4 zu umhüllen und dann anschließend eine Austrittsfläche der Vergußmasse mit Hilfe einer Prägevorrichtung zu strukturieren. Gegebenenfalls muß dabei der Nickelmaster an die gekrümmte Oberfläche einer auf diese Weise hergestellten Leuchtdiode angepaßt werden. Die Strukturierung der Austrittsfläche kann dann entweder im noch formbaren Materialzustand in die Vergußmasse eingepreßt oder bei Verwendung einer thermoplastischen Vergußmasse durch Heißprägen in die Austrittsfläche eingebracht werden.

[0034] Auch beim Vergießen des Halbleiterchips 7 mit Hilfe einer Vergußmasse ist es möglich, durch eine Tauch- oder Sprühbeschichtung eine dünne Oberflächenschicht eines prägbaren Materials aufzubringen und diese anschließend zu prägen und auszuhärten.

[0035] In Fig. 10 ist schließlich ein Diagramm gezeigt, das die Erhöhung des prozentualen Transmissionsgrads in Abhängigkeit vom Brechungsindex der Vergußmasse 4

zeigt.

[0036] Durch die besondere Strukturierung der Austrittsfläche 2, durch die ein gradueller Übergang vom Brechungsindex n_G der Vergußmasse 4 zum Brechungsindex n_L des Umgebungsmediums 5 erreicht wird, ergibt sich ein Transmissionsgrad durch die Austrittsfläche 2 von nahezu 100%. Der in der Fig. 10 dargestellte, durch die Strukturierung bewirkte Gewinn an prozentualen Transmissionsgrad ist dabei um so höher, je größer der Brechungsindex der Vergußmasse 4 ist.

[0037] Für die dem Diagramm gemäß Fig. 10 zugrunde liegende Rechnung wird für das Umgebungsmedium 5 ein Brechungsindex von $n_L = 1$ angenommen.

[0038] Zunächst sei der Fall betrachtet, daß für den Brechungsindex der Vergußmasse 4 gilt: $n_G = 1,55$. An einer Grenzfläche mit einem Brechungsindexsprung von Brechungsindex n_G auf den Brechungsindex n_L würden dann etwa 5% des auf die Grenzfläche im rechten Winkel auftreffenden Lichts gemäß der Formel $(n_G - n_L)^2 / (n_G + n_L)^2$ reflektiert. An der Grenzfläche 2 mit gradueller Übergang ergibt sich aber ein prozentualer Transmissionsgrad von nahezu 100%. Folglich ist der Gewinn an prozentualen Transmissionsgrad etwa 5%. Dementsprechend ist in dem in Fig. 10 dargestellten Diagramm bei einem Brechungsindex von 1,55 ein Gewinn an prozentualen Transmissionsgrad von etwa 5% eingetragen.

[0039] Bei einem Brechungsindex von $n = 1,8$ würden 8% des im rechten Winkel auf eine Grenzfläche mit Brechungsindexsprung eintreffenden Lichts reflektiert. Dementsprechend werden durch die Strukturierung etwa 8% des auf die Austrittsfläche 2 im rechten Winkel auftreffenden Lichts transmittiert, wenn durch die strukturierte Austrittsfläche 2 etwa 100% des im rechten Winkel auf die Austrittsfläche 2 auftreffenden Lichts transmittiert werden.

[0040] Es sei nochmals darauf hingewiesen, daß die Strukturbreite des Querschnittsprofils kleiner als die Wellenlänge des emittierten Lichts in der Vergußmasse 4 sein muß, damit der graduelle Übergang des Brechungsindex für das Licht homogen erscheint. Wenn aber die Strukturbreite des Querschnittsprofils 1, beispielsweise die Halbwertsbreite der Vorsprünge, kleiner als die Wellenlänge des Lichts in der Vergußmasse 4 ist, so ist die Steigerung der Transmission nahezu unabhängig von der Wellenlänge des Lichts. Somit kann zum Beispiel für den Übergang von der Vergußmasse 4 zu Luft als Umgebungsmedium 5 bei einem Brechungsindex der Vergußmasse 4 von $n_G = 1,55$ eine Strukturbreite oder Periode von etwa 250 nm verwendet werden, um für alle Wellenlängen des sichtbaren Spektrums eine Transmissionserhöhung zu erreichen. Die Strukturbreite des Querschnittsprofils 1, insbesondere dessen Halbwertsbreite, sollte daher zwischen 200 und 300 nm liegen, um für alle Wellenlängen des sichtbaren Spektrums eine ausreichende Erhöhung der Transmission zu erreichen.

Patentansprüche

1. Lumineszenzdiode mit einem lichtemittierenden Halbleiterchip (7), der in eine für das emittierte Licht transparente Vergußmasse (4) eingebettet ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Vergußmasse (4) auf einer Austrittsfläche (2) für das emittierte Licht eine Strukturierung mit einem Querschnittsprofil (1) aufweist, das von nebeneinanderliegenden, sich nach außen verzweigenden Vorsprüngen (3) gebildet ist, deren Halbwertsbreite kleiner als die Wellenlänge des emittierten Lichts ist.
2. Lumineszenzdiode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Halbleiterchip (7) in einem Ge-

häuse (8) angeordnet ist, das mit der Vergußmasse (4) vergossen ist.

3. Lumineszenzdiode nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Vergußmasse (4) einen Grundverguß (10) mit einer darauf aufgebracht 5 Oberflächenschicht (12) aufweist.

4. Lumineszenzdiode nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Vergußmasse (10) auf der Basis eines Epoxidharz hergestellt ist.

5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberflächenschicht (12) aus einem anorganisch-organischen Hybridpolymer hergestellt ist. 10

6. Lumineszenzdiode nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberflächenschicht (12) aus Polymethylacrylat hergestellt ist. 15

7. Lumineszenzdiode nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Querschnittsprofil (1) periodisch aufeinanderfolgende Vorsprünge (3) aufweist.

8. Verfahren zur Herstellung einer Lumineszenzdiode, 20 bei dem ein Halbleiterchip (7) auf einem Träger (8) aufgebracht und mit einem für das emittierte Licht transparenten Kunststoff vergossen wird, dadurch gekennzeichnet, daß auf einer Austrittsfläche (2) für das emittierte Licht mit Hilfe eines Prägestempels (11) in 25 den Kunststoff eine Strukturierung eingepreßt wird, deren Querschnittsprofil nebeneinanderliegende, sich nach außen verjüngende Vorsprünge (3) aufweist, deren Halbwertsbreite kleiner als die Wellenlänge des emittierten Lichts ist. 30

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Halbleiterchip (7) in einem Grundgehäuse (8) angeordnet wird, das anschließend mit der Vergußmasse (4) vergossen wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Halbleiterchip (7) zunächst in eine Grundmasse (10) eingebettet wird, auf deren Oberfläche eine Oberflächenschicht (12) aufgebracht wird. 35

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß für die Vergußmasse (10) Epoxidharz verwendet wird. 40

12. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberflächenschicht (12) von einem anorganisch-organischen Hybridpolymere gebildet wird. 45

13. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberflächenschicht (12) aus Polymethylacrylat hergestellt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß in die Vergußmasse (10) 50 eine Strukturierung mit periodischen Versprünge (3) eingepreßt wird.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

55

60

65

FIG 1

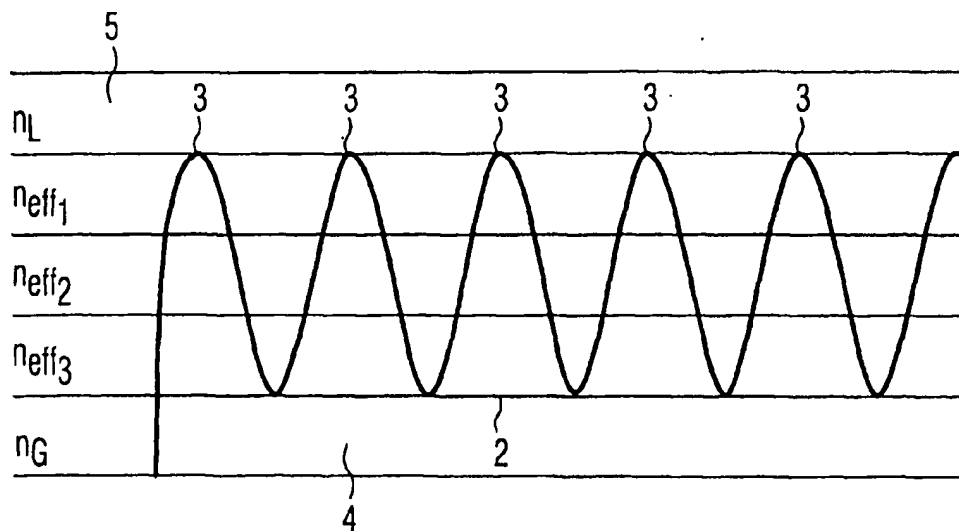


FIG 2

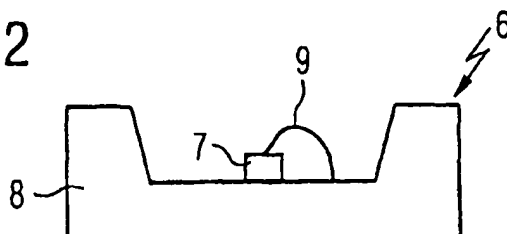


FIG 3

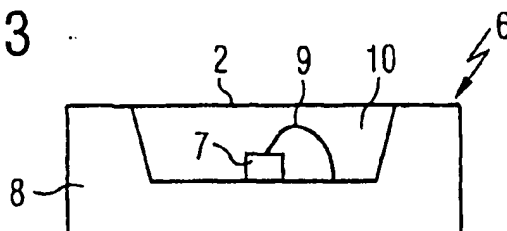


FIG 4

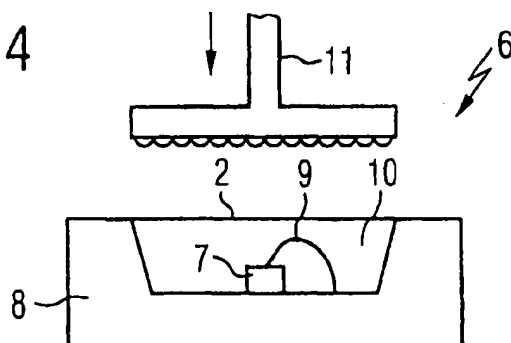


FIG 5

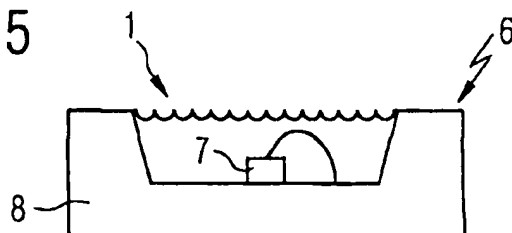


FIG 6

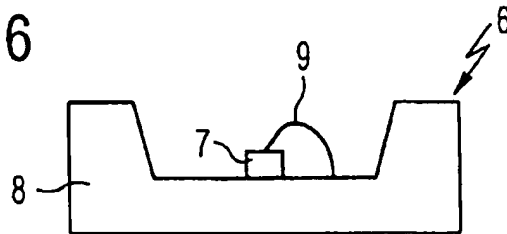


FIG 7

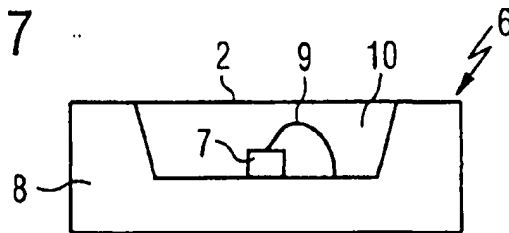


FIG 8

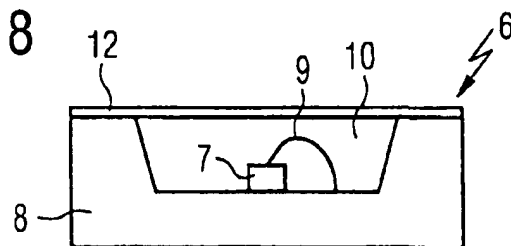


FIG 9

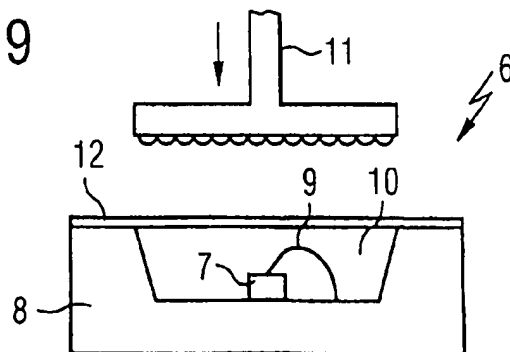
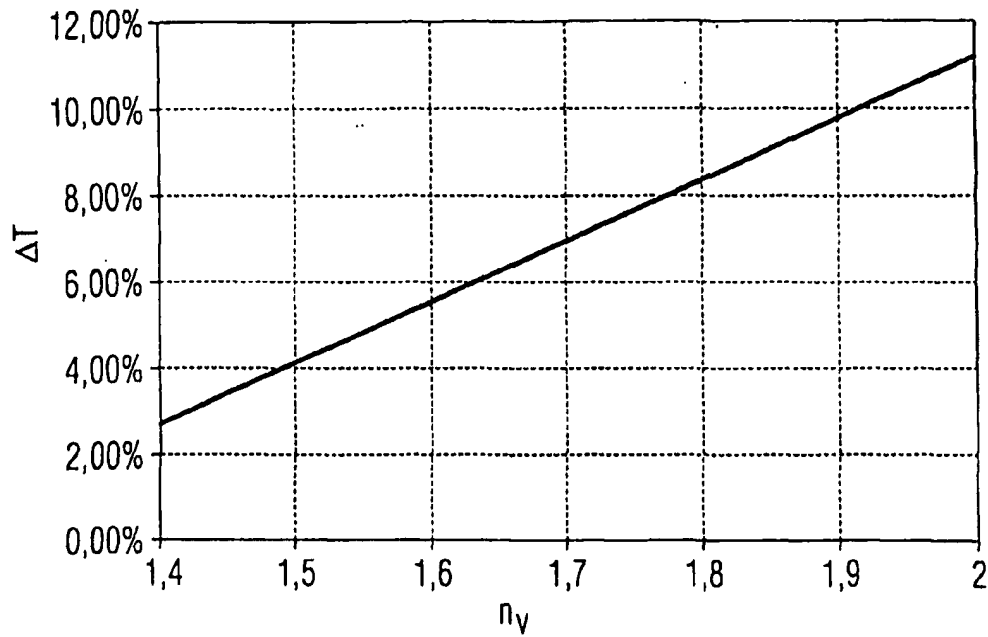


FIG 10



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.